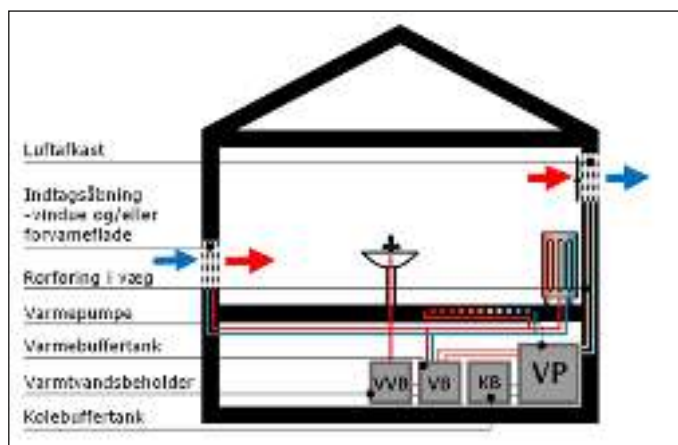


Nyudviklet ventilations-system udvinder varmen i afkastluften

Nyt dansk system har et markant potentiale for lavt energiforbrug, lav CO₂-emission og fordelagtig totaløkonomi, som er konkurrencedygtig med de bedste ventilationssystemer på markedet

Af Morten Christensen, Elincon

Rådgiverfirmaet Elincon har i samarbejde med ventilationsfirmaet IKM A/S udviklet et ventilationssystem, der gør det muligt at udvinde varmen i afkastluften fra ventilation og udnytte varmen til rumopvarming, forvarmning af indtagsluft og varmt brugsvand. Om sommeren er det endvidere muligt at køle på indtagsluften og udnytte varmen herfra – f.eks. til varmt brugsvand. Systemet hedder ”FreeVentilate” og teorien bag systemet blev udarbejdet i EFP-projektet ”Naturlig Ventilation med Varmegenindvinding og Køling” (NVVK). Dette projekt blev efterfulgt af opbygningen af en prototype, støttet af EUDP-midlerne, placeret i sportshallen ”Diamanten” i Fynshav, som blev belønnet med ”Renoverprisen 2014” for bedste bæredygtige renovering. EUDP-projektet blev afsluttet i foråret 2015 efter et år med stabil drift. Systemet var i starten tænkt som et ”rent” naturligt ventilationssystem, men det endelige system vil altid være udstyret med en udsugningsventilator, da dette anses for at være mere driftssikkert. Systemet har tidligere været kendt under navnet ”NVVK”, men har nu skiftet navn til ”FreeVentilate”, da det ikke baserer sig udelukkende på naturlig ventilation. Systemet er



Figur 1. Varmegenindvinding med FreeVentilate-systemet.

i princippet det samme og har bibeholdt fordelene mht. lavt energiforbrug og lav installationspris, som det skal vise sig i det følgende. Navnet ”FreeVentilate” er valgt, da luften i ventilationssystemet bevæger sig frit i det ventilerede lokale uhindret af kanaler. Derudover symboliserer navnet også den frihed, der er for rumindretning ved fravalget af ventilationskanaler og at systemet har lavere installations- og driftsomkostninger end andre ventilationssystemer på markedet. FreeVentilate kan varetage det fulde ventilationsbehov og der er ikke brug for et supplerende ventilationssystem. Både EFP- og EUDP-projektet viste, at FreeVentilate-systemet har et markant potentiale for lavt energiforbrug, miljøvenlighed (lav CO₂-emission) og fordelagtig totaløkonomi, som er konkurrencedygtig med de bedste

ventilationssystemer på markedet. På denne baggrund valgte InnoBYG via spireprojekt-ordningen at støtte opbygningen af en grundig simuleringsmodel til dokumentation af FreeVentilate-systemet, der yderligere kan dokumentere de førnævnte faktorer. Udviklingen af simuleringsmodellen er støttet af Spireprojekt-midlerne og udført i et samarbejde mellem Elincon, IKM, Teknologisk Institut samt Danmarks Tekniske Universitet. De efterfølgende beregninger, resultater og dokumentation er udarbejdet af Elincon og IKM.

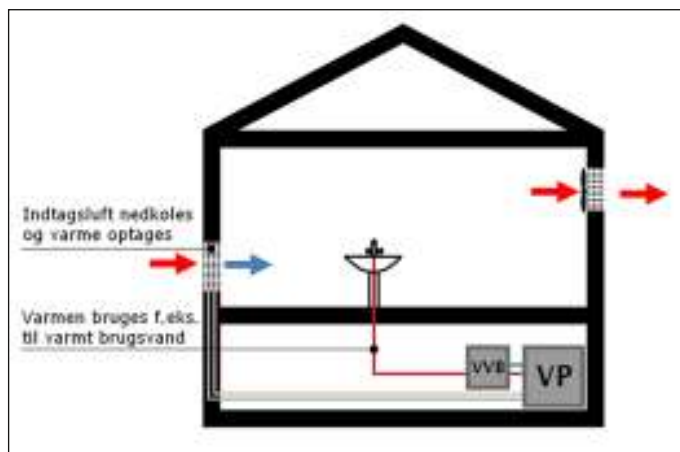
Opbygningen af FreeVentilate

Varmegenindvinding: I FreeVentilate-systemet placeres en luft-til-væske varmeveksler i

luftafkastet i en given bygning. Varmevæksleren har et lavt tryktab på luftsiden og er forsynet med en ventilator til at sørge for udsugning. Ventilatorens el-forbrug holdes lavt ved et lavt tryktab over veksleren og en høj virkningsgrad af ventilatoren. Gennem vekslerens rør cirkulerer en væske (5-10°C), som bliver opvarmet af den varme afkastluft, som passerer gennem vekslerens rør. Væskedrejsen er forbundet til en varmepumpe, som nedkøler den cirkulerende væske og overfører varmen til varmesystemet i den pågældende bygning.

Fra varmesystemet bliver varmen fordelt videre ud til varmt brugsvand, rumopvarmning eller forvarmning af indtagsluften. Der skal være et samspil mellem varmpotentialet fra afkastluften og varmebehovet i det pågældende lokale eller den bygning, som ventileres med FreeVentilate-systemet. På kolde dage, hvor udetemperaturen er lav (f.eks. under 0°C), vil lokalet have et netto varmebehov, idet der ikke er varme nok i afkastluften til at opvarme selve lokalet, og der skal derfor tilføres varme fra en anden varmekilde. Omvendt kan lokalet på varmere dage (5-10°C) have et netto varmeoverskud. Det vil sige, at afkastluften potentielt kan levere mere varme, end lokalet skal anvende. Herved kan lokalet ”eksportere” varme til resten af bygningen.

Princippet med en varmepumpe, der trækker varme ud af afkastluften er ikke nyt, og IKM A/S har anvendt dette koncept siden 2003 i deres efterspurgte VL-serie. I VL-serien anvendes central mekanisk udsugning med ventilationskanaler til udsugning fra de enkelte rum. En varmeveksler placeret ved luftafkastet trækker varme ud af ventilationsluften og via en varmepumpe bliver varmen overført til varmesystemet.



Figur 2. Bæredygtig køling med FreeVentilate-systemet.

Bæredygtig køling

Er der behov for køling i det pågældende lokale, kan den cirkulerende kolde væske fra varmepumpen ledes hen til en luftindtagsflade. Den udvundne varme fra kølingen bliver via varmepumpen overført til varmesystemet i bygningen – som regel vil varmen blive anvendt til brugsvand, da der sjældent optræder et rumvarmebehov samtidigt med et kølebehov i en

bygning. Ved traditionel køling ledes den udvundne varme fra kølingen ud til omgivelserne og bliver således ikke nyttiggjort. I FreeVentilate-systemet betragtes den udvundne varme fra kølingen som en ressource og ikke et ”restprodukt” og bliver derfor udnyttet. I stedet for at køle på indtagsluften kan det også vælges at køle med køleblæser, køleloft, split-

unit eller en termoaktiv konstruktion. I førnævnte EFP-rapport er det eftervist, at 25-100 procent af overskudsvarmen fra kølingen kan udnyttes alt efter hvilken bygningstype, der er tale om. For at opretholde et lavt el-forbrug til ventilation skal bygningen designes, så der er relativ fri passage for ventilationsluften og ikke er et stort tryktab fra luft-

indtag til luftafkast. Til dette formål er der udviklet både luftindtag og – som tidligere nævnt – en veksler i luftafkast med et lavt tryktab. Dette holder SEL-faktoren nede på 0,1 kJ/m³, max. 0,2 kJ/m³.

Forudsætninger for beregninger

Simuleringer og beregninger er blevet udført på et kontorområde på 4.400 m² og klasseværelser på sammenlagt 936 m². Simuleringerne er udført i programmet TRNSYS, der er i stand til at udføre dynamiske simuleringer på komplekse energisystemer. Der er ikke regnet på aktiv køling med FreeVentilate, da det er vurderet, at aktiv køling i de to bygninger vil være mere økonomisk i drift, hvis leveret af en ekstern kompressor-drevet køleenhed fremfor FreeVentilate-systemet. I beregningerne på FreeVentilate-systemet er der anvendt en



DANSK KVALITET TIL HELE VERDEN

EVAPCO Air Solutions blev stiftet i 1992 under navnet Flex coil a/s af en gruppe kolleger, der igennem adskillige år havde specialiseret sig i alle typer af varmevekslere inden for køling, opvarmning og ventilation. I dag er EVAPCO Air Solutions et helejet datterselskab af EVAPCO Inc.

EVAPCO Air Solutions leverer tørkølere og varmevekslere i alle størrelser og materialekombinationer i overensstemmelse med kundens krav, ønsker og behov.

Vi tilstræber den optimale projektløsning og kunden drager fordel af vores ekspertise indenfor områderne akustik, termo-, aero- og hydrodynamik gennem hele produktionsfasen samt efterfølgende service.

Kontakt EVAPCO Air Solutions nu, eller download vores beregningsprogram CoilCalc på www.evapco.dk



SPECIALIST I VARMEOVERFØRENDE PRODUKTER OG SERVICES

EVAPCO Air Solutions a/s
Tel.: +45 98 24 49 99 | e-mail: info@evapco.dk | web: www.evapco.dk

► Nyudviklet dansk...

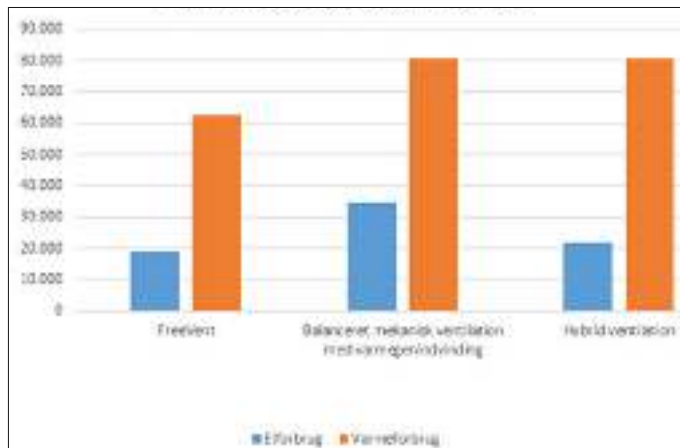
Fortsat

mance er sammenlignet med de to mest almindelige ventilations-systemer på markedet pt:

- Balanceret mekanisk ventilation med varmegenindvinding. Her er der anvendt en gns. SEL-faktor på 1,8 kJ/m³ og en varmegenindvindsgrad på 85 procent. Der er antaget et centralt ventilationsanlæg.
- Hybrid ventilation, der anvender to systemer: Balanceret mekanisk ventilation med varmegenindvinding og naturlig ventilation med back-up udsugning. Her anvendes balanceret mekanisk ventilation med varmegenindvinding med samme data som ovenfor, når udetemperaturen er under 18°C. Ved en udetemperatur på 18°C og derover anvendes naturlig ventilation med back-up udsugning. Her er der regnet med en gns. SEL-faktor på 0,1 kJ/m³ i driftstiden.

Ventilationen er i alle simule-

VL 3000 varmepumpe fra IKM A/S. For udsugningen er der anvendt en gns. SEL-faktor på 0,2 kJ/m³, når der varmegenindvindes på afkastluften og gns. 0,1 kJ/m³, når der ikke varmegenindvindes og veksleren derved kan bypasses. Ved en udetemperatur på under 18°C benyttes forvarmning af indtagsluften op til 18°C med IKM's Entra-enheder, der kan forvarme luften og som har et lavt tryktab på luftsiden. Om sommeren benyttes oplukkelige vinduer til luftindtag ved en udetemperatur på over 18°C. FreeVentilate-systemets perfor-



Figur 3. Brutto varme- og el-forbrug til ventilation, varmepumpe og cirkulationspumpe – kontor.

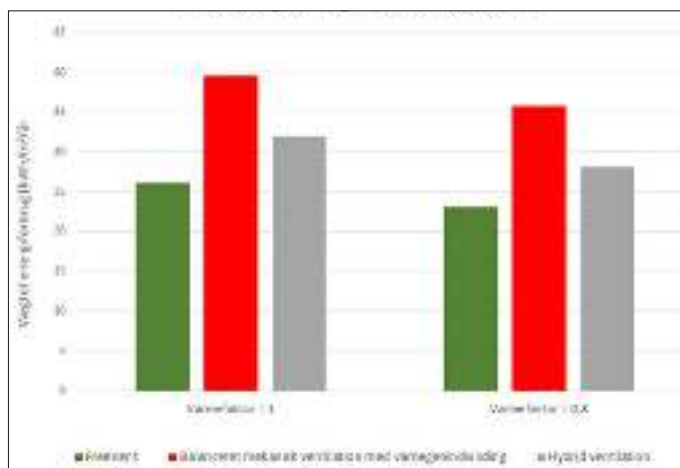
ringerne tilpasset, så DS 474 kan overholdes, dvs. max. 100 timer over 26°C og max. 25 timer over 27°C. CO₂-niveauet er holdt under 1000 ppm. Netto energiforbruget er udregnet og vægтет efter vægtningsfaktorerne i bygningsreglementet. For el er der anvendt en faktor på hhv. 2,5 (iht. BR2015) og 1,8 (iht. BR2020). For varme er der anvendt en faktor på 1, 0,8 (for fjernvarme efter BR2015) og 0,6 (for fjernvarme efter BR2020).

samt ventilation. For balanceret mekanisk ventilation med varmegenindvinding samt hybrid ventilation er der medtaget el-forbrug til ventilation. Figur 3 viser brutto el- og varmeforbruget for FreeVentilate sammenlignet med de to andre ventilationssystemer: FreeVentilate-systemet har et el-forbrug, der er 44 procent lavere end balanceret mekanisk ventilation med varmegenindvinding og et varmeforbrug, der er 22 procent lavere. Sammenlignet med hybrid ventilation er FreeVentilates el-forbrug 12 procent lavere og varmeforbruget er 22 procent lavere. Sammenlignet med de to konkurrerende systemer er der med FreeVentilate-systemet et mindre energiforbrug både på el- og varmesiden. Det lave el-forbrug skyldes både et lavt el-forbrug til ventilation og et lavt el-forbrug til varmepumpen, der har

Resultater

Kontor, brutto energiforbrug:

Figur 3 viser det totale varmeforbrug (rumvarme, forvarmning af indtagluft samt brugsvand) og totalt el-forbrug til ventilation og varmegenindvinding. For FreeVentilate er der medtaget el-forbrug til varmepumpe, cirkulationspumper



Figur 4. Netto energiforbrug med BR2015 – kontor. Jo lavere, jo bedre.

PRO | GRUPPEN

Totalentreprise · Fagententreprise · Teknikentreprise

PRO | VENTILATION

- Laboratorier
- Renrum
- Komfortventilation
- Industri- og procesventilation

PRO | KØLETEKNIK

- Proceskøl
- Komfortkøl
- Serverkøl
- Køle- og fryseanlæg

PRO | BYGNINGSAUTOMATIK

- BMS
- CTS
- IBI
- Brandautomatik

For yderligere information kontakt PROerne:

PRO | GRUPPEN

H. J. Holst Vej 20
DK - 2610 Rødovre
T: +45 36 36 09 09
Info@progruppen.dk
www.progruppen.dk

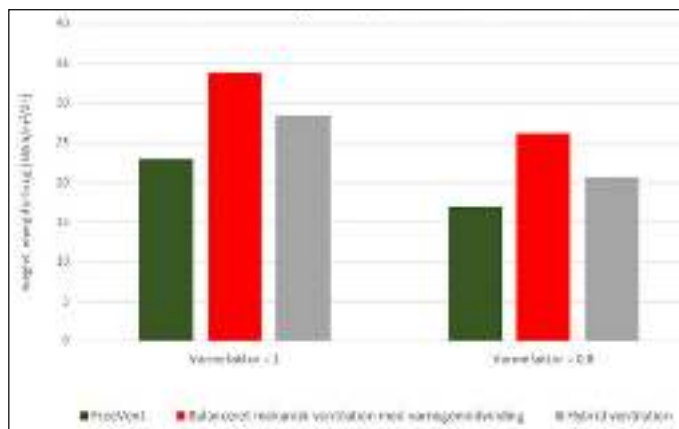


► Nyudviklet dansk...

Fortsat

kørt med en COP på gns. 4,4. Da FreeVentilate altid kan trække varme ud af afkastluften og udnytte den til flere formål end de to andre systemer (f.eks. til rumvarme og varmt brugsvand), bliver bygningens varmemeforbrug også mindre.

Netto energiforbrug efter BR2015: Figur 4 viser energiforbruget i kWh/m²/år vægtet efter el- og varmfaktorerne i BR2015 for kontorberegningen. Der er anvendt en el-faktor på 2,5 og varmfaktorer på 1 og 0,8. Det beregnede netto energiforbrug med FreeVentilate-ventilation ligger på 26,1 kWh/m²/år



Figur 5. Netto energiforbrug med BR2020 – kontor. Jo lavere, jo bedre.

med en varmfaktor på 1 og 23,1 kWh/m²/år med en varmfaktor på 0,8. Sammenholdt med balanceret mekanisk ventilation med varmegenindvinding fås der med ventilation med FreeVentilate et nettoenergiforbrug, der er 12-13 kWh/m²/år lavere end svarende til en reduktion på ca. 30 procent. Sammenholdt med hybrid ventilation fås der med ventilation med FreeVentilate et netto energiforbrug, der er 5-6 kWh/m²/år lavere sva-

rende til en reduktion på 19-16 procent.

Netto energiforbrug efter BR2020: Figur 5 viser energiforbruget i kWh/m²/år vægtet efter el- og varmfaktorerne i BR2020. Der er anvendt en el-faktor på 1,8 og en varmfaktor på hhv. 1 og 0,6. Det beregnede netto energiforbrug med FreeVentilate-ventilation ligger på 22,9 kWh/m²/år med en varmfaktor på 1 og 17 kWh/m²/år med en varmfaktor på 0,6.

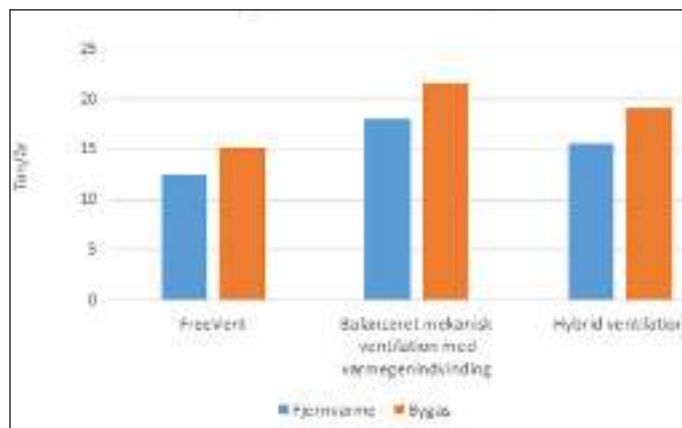
Sammenholdt med balanceret mekanisk ventilation med varmegenindvinding fås der med ventilation med FreeVentilate et nettoenergiforbrug, der er 9-11 kWh/m²/år lavere end svarende til en reduktion på ca. 30 procent. Sammenholdt med hybrid ventilation fås der med ventilation med FreeVentilate et netto energiforbrug, der er 5-6 kWh/m²/år lavere svarende til en reduktion på 19-16 procent. Det pågældende kontor vil med den aktuelle størrelse på 4.400

m² have et max. tilladt netto energiforbrug på 41,2 kWh/m²/år med BR2015 og 25 kWh/m²/år for BR2020. Ovennævnte beregninger skal dog *ikke* tages som en konklusion på, at balanceret mekanisk ventilation med varmegenindvinding og hybrid ventilation ikke er egnet i BR2020. Dette skyldtes tre faktorer:

- El-forbrug til natkøling er medregnet i de aktuelle beregninger, men medregnes ikke i BR2015 og BR2020.
- SEL-faktoren for begge ventilationsformer kan i teorien sænkes ved at anvende større kanaler eller et decentral ventilationsssystem som InVentilate, hvilket vil nedsætte energiforbruget.
- El-produktion fra solceller (som er reduceret kraftigt i pris over de sidste 5-10 år) og/eller solvarme vil nedbringe resultatet af den endelige energiberegning.

Miljøforhold

Baseret på brutto energiforbruget oplyst i figur 3 er CO₂-emissionen fra de tre ventilationsystemer blevet udregnet. For emissioner fra el- og fjernvarme er der anvendt 125 procent-metoden til fordeling af miljøpåvirkningerne mellem el og varme som anbefalet af Ener-



Figur 6. Beregnet CO₂-emission med de tre ventilationsformer – kontor.



REDAN
COMFORT
FIRST

REDAN SØGER:

- AREA SALES MANAGER
- SALGSTEKNIKER MED PROJEKTANSVAR

Læs mere om disse spændende ledige stillinger hos Redan på:

WWW.REDAN.DANFOSS.DK

OM REDAN

Redan har siden 1971 været førende inden for produktion af moderne fjernvarmeunits, varmevekslere og automatik til fjernvarme – både til private hjem og til større fjernvarmeinstallationer. Det konstante fokus på effektivitet og kvalitet har gjort Redan navnet kendt

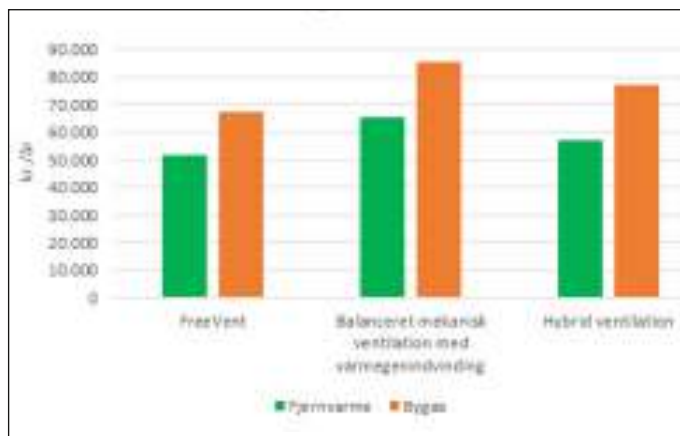
langt uden for landets grænser, og rundt omkring i verden er flere end 500.000 boliger i dag forsynet med vandvarmere og fjernvarmeunits fra den danskejede virksomhed. Redan er ejet af Danfoss og beskæftiger ca. 80 medarbejdere.

gistryrelsen. Som miljødeklarationen for 1 kWh el er der anvendt 192 g CO₂/kWh hentet fra Energinet.dk for el produceret i 2015. For fjernvarme er der antaget 140 g/kWh varme, da det ikke har været muligt at finde en miljødeklaration for fjernvarme baseret på 125 procentmetoden. For gas er der anvendt en CO₂-udledning på 184 g/kWh varme taget fra HOFOR's data for bygas.

Det reducerede energiforbrug medfører også en lavere CO₂-emission for FreeVentilate-systemet sammenlignet med de to andre ventilationsmetoder. Mht. både fjernvarme og bygas ligger CO₂-emissionen fra FreeVentilate sammenlignet med balanceret mekanisk med varmegenindvinding ca. 30 procent lavere. Sammenlignet med hybrid ventilation ligger CO₂-emissionen fra FreeVentilate ca. 20 procent lavere – både for bygas og fjernvarme.

Driftsøkonomi

Det lavere energiforbrug fører også til lavere driftsomkostninger. Her er der anvendt en elpris for el til varmepumpen på 1,03 kr./kWh ekskl. moms og inkl. diverse afgifter og omkostninger. El til varmepumper er delvist fritaget for el-afgift. For el til ventilation og pumper er der regnet med en pris på 0,65 kr./kWh ekskl. moms og inkl. diverse afgifter og omkostninger. El-forbrug til ventilation og pumper er fritaget for el-afgifter

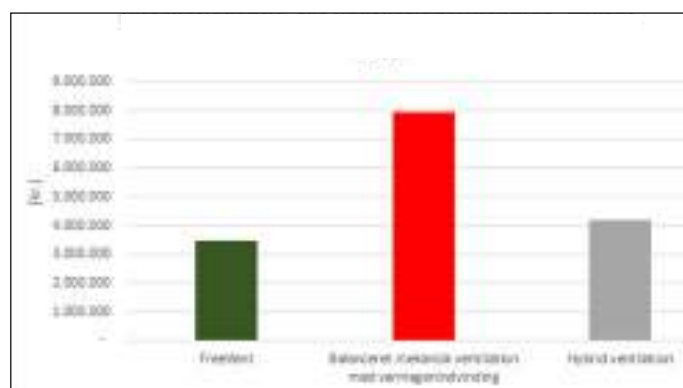


Figur 7. Beregnede driftsudgifter med de tre ventilationsformer – kontor.

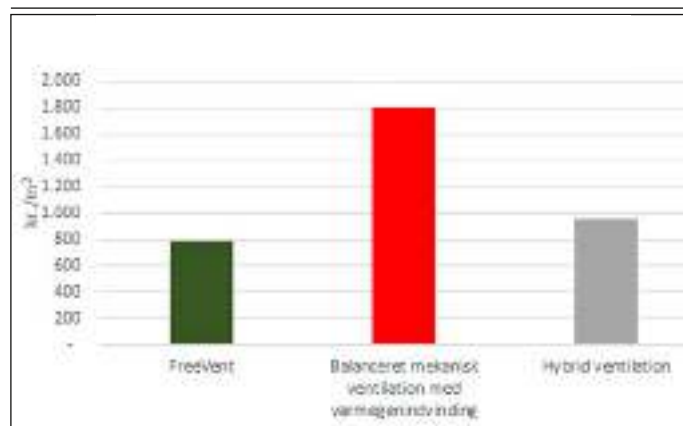
– derfor den lidt lavere pris. For fjernvarme er der regnet med 0,53 kr./kWh ekskl. moms og for bygas en pris på 0,78 kr./kWh ekskl. moms. jf. HOFOR's priser for 2016. Sammenlignet med balanceret mekanisk ventilation med varmegenindvinding ligger FreeVentilate 21 procent lavere i driftsudgifter, både når varmekilden er fjernvarme og bygas. Sammenlignet med hybrid ventilation ligger FreeVentilate 9 procent lavere i driftsomkostninger, når varmekilden er fjernvarme og 13 procent lavere, når varmekilden er bygas.

Etableringsøkonomi

For at anslå priserne på de tre systemer er der i vid udstrækning gjort brug af V&S prisdatabase, priser fra leverandører af specialkomponenter samt IKM's priser for varmepumpe og friskluftindsug. Figur 8 og 9 viser installationsprisen totalt og pr. m².



Figur 8. Installationspris for ventilationssystemer, kontor – total.



Figur 9. Total installationspris for ventilationssystemer, kontor – pr. m².



Miljørigtig vandbehandling

EnwaMatic®

Energisparende vandbehandling i lukkede kredsløb til varme- og kølesystemer

- ✓ Fuld korrosionsbeskyttelse
 - ✓ Fjerner slam, jern og kobber
 - ✓ Fjerner bakterier og hindrer bakterievækst
 - ✓ Fjerner luft (mikrobobler)
 - ✓ Regulerer pH, alkalitet og hårdhed
- ... uden brug af miljøbelastende kemi.

BIN-X System®

Ultrafiltrering af koldt og varmt brugsvand

- ✓ Fjerner alle bakterier og partikler ned til 0,03 µm (legionella, campylobacter, e-coli, uopløst kalk m.m.)
- ✓ Forhindrer dannelse af biofilm
- ✓ Mekanisk filtrering uden kemi
- ✓ Automatisk rensefunktion
- ✓ VA-godkendt

BIN-X - DGT ApS
Møllevej 9, K.1
2990 Nivå

Tele: 4576 7628
Mail: email@bin-x.com
Web: www.bin-x.com



► Nyudviklet dansk...

Fortsat

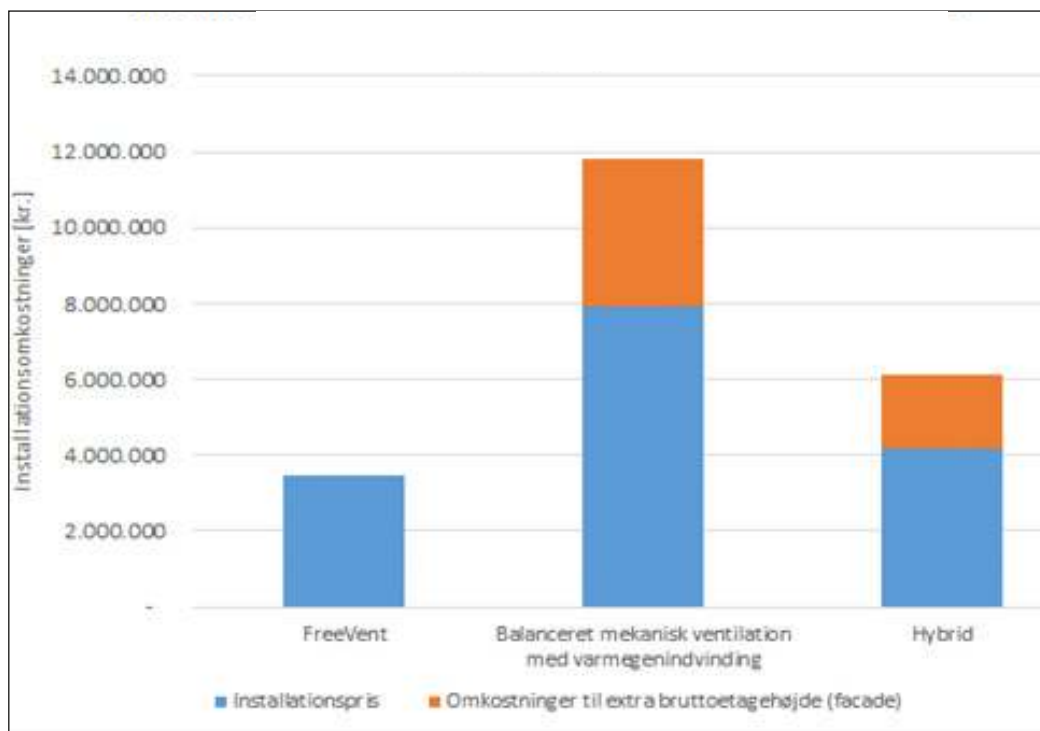
Efter beregningerne har FreeVentilate installationsomkostninger, der er ca. 56 procent mindre end balanceret mekanisk ventilation med varmegenindvinding og 18 procent mindre end hybrid ventilation.

Den primære forskel er udgiften til kanaltræk, som er en omkostningstung udgift ved balanceret mekanisk ventilation med varmegenindvinding og i mindre grad med hybrid ventilation, som da også ligger væsentligt lavere i installationspris.

En yderligere prisforskel er reduktionen af brutto etagehøjden med FreeVentilate. Da FreeVentilate ikke anvender ventilationskanaler, skal der ikke sættes plads af til disse som med balanceret mekanisk ventilation og i mindre grad hybrid ventilation. Typisk vil der skulle afsættes 0,2-0,5 m i højden pr. etage til kanalføring og dette behøves ikke med FreeVentilate.

For nybyggeri koster 1 m² facadeareal ca. 15.000 kr./m². Hvis den pågældende bygning kunne reduceres med 0,5 m i brutto etagehøjden ved valg af FreeVentilate over balanceret mekanisk ventilation med varmegenindvinding, ville dette svare til et sparet facadeareal på 260 m². Dette svarer til en økonomisk besparelse i konstruktionsudgifter på facaden på ca. 4 mio. kr. Sammenlignes med figur 8 kan det ses, at dette er en væsentlig yderligere besparelse sammenlignet med prisen for balanceret mekanisk ventilation med varmegenindvinding. Faktisk er denne besparelse i sig selv højere end prisen på FreeVentilate-systemet, som ligger på 3,5 mio. kr. Hvis denne yderligere besparelse medregnes, er FreeVentilate ca. 70 procent billigere i installationspris sammenlignet med balanceret mekanisk ventilation med varmegenindvinding.

Dertil kommer den fordel, at for



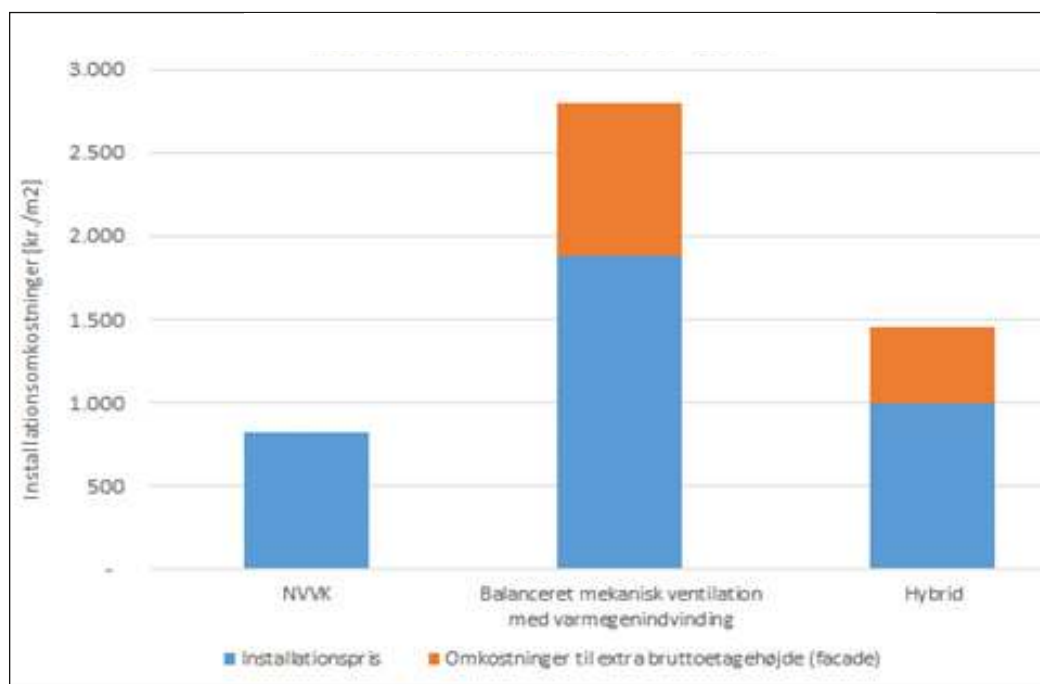
Figur 10. Installationspris for ventilationssystemer, kontor – total inkl. omkostninger til øget bruttoetagehøjde.

en bygning med en max. tilladt bruttohøjde på f.eks. 40 m (f.eks. pga. lokalplanlægningen), vil det herved være muligt at bygge en ekstra etage, hvis FreeVentilate ventilationssystemet anvendes, hvilket fører til flere anvendelige m². Hvis den pågældende bygning antages at kunne reduceres med 0,25 m i brutto etagehøjde ved valg af FreeVentilate over hybrid

ventilation, ville det svare til et sparet facadeareal på 130 m². Dette svarer til en økonomisk besparelse i konstruktionsudgifter til facaden på 2 mio. kr. – altså over halvdelen af prisen for FreeVentilate-systemet. Hvis denne yderligere besparelse medregnes, er FreeVentilate med disse antagelser op til 44 procent billigere end hybrid ventilation i installationspris.

Figur 10 og 11 viser installationsomkostninger inkl. omkostningerne til den øgede bruttoetagehøjde total og pr. m².

Dette var den første af to artikler om FreeVentilate. I næste artikel sættes fokus på systemets anvendelse i skoler samt en overordnet konklusion.



Figur 11. Installationspris for ventilationssystemer, kontor – pr. m² inkl. omkostninger til øget bruttoetagehøjde.